

A sókoncentráció csökkentés lehetőségének vizsgálata egy magyar vízfolyás példáján

Possibilities of improving salt-related water quality on a Hungarian river

G. Hancz

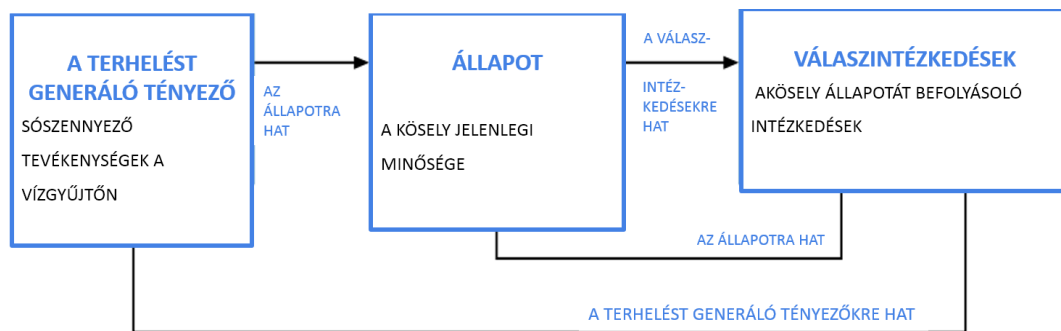
GISPARK Bt. 4029 Debrecen, Baross utca 13.

Absztrakt. A Ph.D. tanulmányok keretében végzett kutatás egyik célja a Kösely vízfolyás és mellékágai sótartalommal összefüggő minőségének vizsgálata, valamint annak a kérdésnek a megválaszolása volt, hogy magas sótartalom esetében hígítással elérhető-e az előírt minőség. A meglévő-, korábban született adatok gyűjtése mellett sor került egy tizenegy helyszínen huszonnyolc alkalommal végzett fajlagos elektromos vezetőképesség mérésre. A mérési adatok egész évben és az összes vízfolyás szakaszon meghaladták a Víz Keretirányelvben rögzített és az öntözővízre vonatkozó elvárások szerinti tűrhető minőséghez tartozó határértéket. A tanulmányban közlésem ezeket az eredményeket, valamint a hatóságok által korábbi években – időben és térben is ritkábban - végzett mérések összesített eredményeit is. Összegyűjtöttem és elemeztem a speciális vízminőségi problémát okozó lehetséges antropogén vízhasználatokra vonatkozó mennyiségi- és minőségi adatokat és ennek eredményét is közlésem ebben a tanulmányban. Mivel a kritikus komponens konzervatív anyag okozza, a számításokhoz a tömegmegmaradás elvét alkalmazó egyszerű hígulási egyenletet használtam. A számítások célja volt meghatározni azon vízfolyás szakaszokat, amelyeken a vízszállító kapacitás figyelembevétele mellett lehetséges a megfelelő vízminőség eléréséhez szükséges mértékű hígítás megvalósítása. Az eredményekből arra következtettem, hogy a vízhasználatok jelenlegi gyakorlata mellett hígítással nem lehetséges elérni a megfelelő vízminőséget, ezért csak a sóterhelés csökkentése jelenthet megoldást.

Abstract. The purpose of the study was the assessment of the salt related quality of river Kösely and its tributaries and to determine with calculations whether it is feasible to achieve improvement of the demonstrated water quality by the means of dilution in the frame of a PhD study. Besides data collection a series of twenty-eight Electrical Conductivity (EC) measurement was carried out at eleven sites along the river system. The resulting EC values all year long on every reach of the river exceeded even the tolerable values specified as irrigation water quality criteria and water quality standards in the Water Framework Directive. In the paper, we introduce the results of the survey along with authority surveillance data series from earlier years. Investigations in the water using anthropogenic activities causing this special water quality problem were also carried out and the results – quantitative and qualitative aspects as well – are introduced here. Since the pollutant is a conservative material, the calculations were performed using the simple dilution equation which is based on the law of conservation of mass. The findings of the calculations were the identification of those reaches of the river system where adequate water quality can be achieved by dilution considering the limiting factor of water delivery capacity. Our conclusion is that under current conditions of water management and water using activities there is no way to meet quality requirements with dilution. This can be achieved only by prevention or reduction of salt load.

Bevezetés

A termálfürdők szennyező hatása következtében a vizsgált vízfolyás vize a magas sótartalom miatt öntözés céljára alkalmatlan. Mivel nem létezik legjobb elérhető technológia (Best Available Technique, BAT), a lehetséges válaszingtezkedés a befogadó sótartalmának közvetlen csökkentését jelentheti [7]. A közvetlen beavatkozás egy olyan vízminőség szabályozási gyakorlat, nevezetesen a hígítás, amely nem tekinthető tisztításnak, de elfogadott szabályozó eszköz abban az esetben, amikor nincs elérhető legjobb technológia. Az is alátámasztja ennek a megoldásnak a megfontolását, hogy a vizek természetes öntisztulási folyamatai között is csak a hígulás az, amely a sótartalom csökkentését eredményezheti, mivel a sók a konzervatív szennyezők közé tartoznak, vagyis stabilak, nem alakulnak át, nem változnak a környezeti hatásokra.

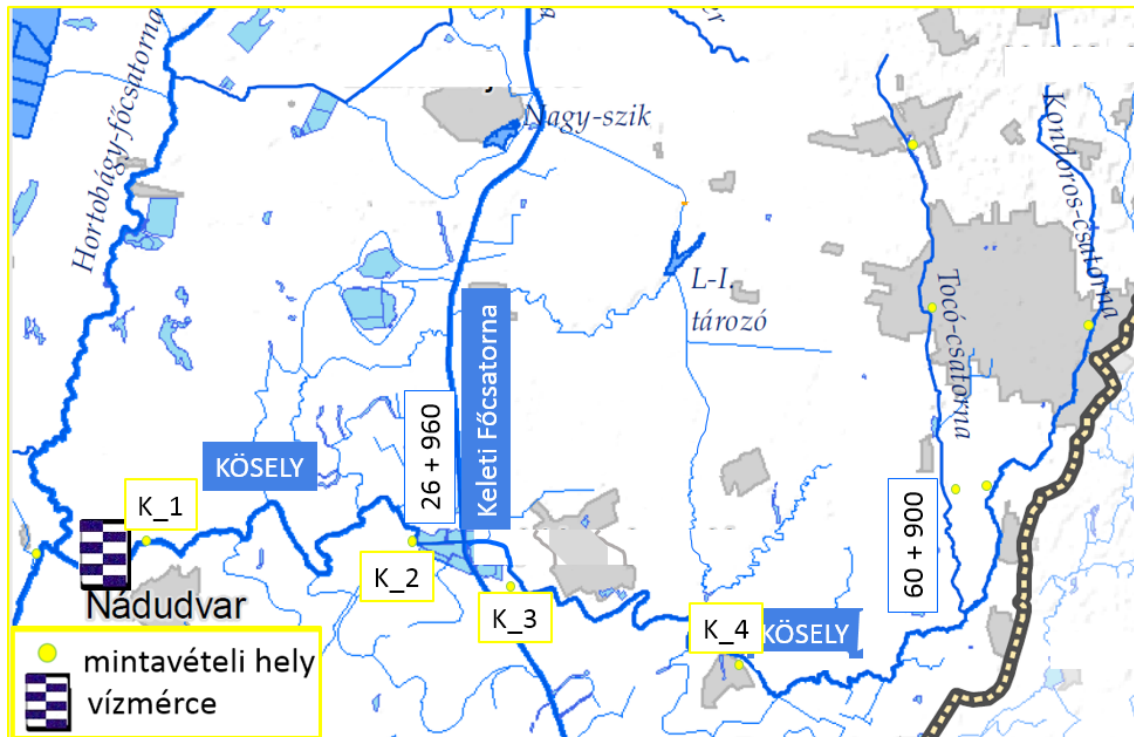


1. ábra. Az öntözővíz készletekre gyakorolt nyomás és a vizek állapotát közvetlenül befolyásol intézkedések

A tanulmány célja meghatározni azt a hígítóvíz mennyiséget, amely öntözővíz céljára alkalmassá teszi a vizsgált vízfolyást, illetve amely Víz Keret Irányelv (VKI) elvárásainak megfelelővé teszi. A vízfolyás szakaszként megállapított minimális hígítóvíz mennyiség meghatározásával együtt megvizsgálom, hogy a hígítással érintett vízfolyás szakaszok hidraulikai kapacitása megfelel-e a számított összes vízhozam szállítására. A tanulmány során nem tekintettem feltételnek, hogy rendelkezésre áll-e a hígításhoz szükséges vízmennyiség, hogy amennyiben rendelkezésre áll, gazdaságos-e ez a megoldás és nem szerepelt tényezőként a szennyező források helye és jellege sem (1. ábra).

1. A mintaterület

A mintaterület a Kösely vízfolyás (2. ábra). Az egyik, létező, hígítási lehetőséget a Keleti-főcsatorna jelenti a 26+960 szelvényben. A másik, alternatív, elméletben feltételezett hígítási lehetőséget a 60+900 záró szelvényben vettem figyelembe, ahol a mellékfolyók betorkollnak. A Köselyen 4 mintavételi helyet jelöltem ki. A közvetlen vízgyűjtőterület nagysága 702 km², a mellékágakéval együtt 1067 km².



2. ábra. A Kösely – Magyarország, Duna vízgyűjtő - a tanulmány mintaterülete

2. Módszer

2.1. Elsődleges adatok gyűjtése

2.1.1. Hidrológiai adatok, vízgyűjtő terület jellemzése

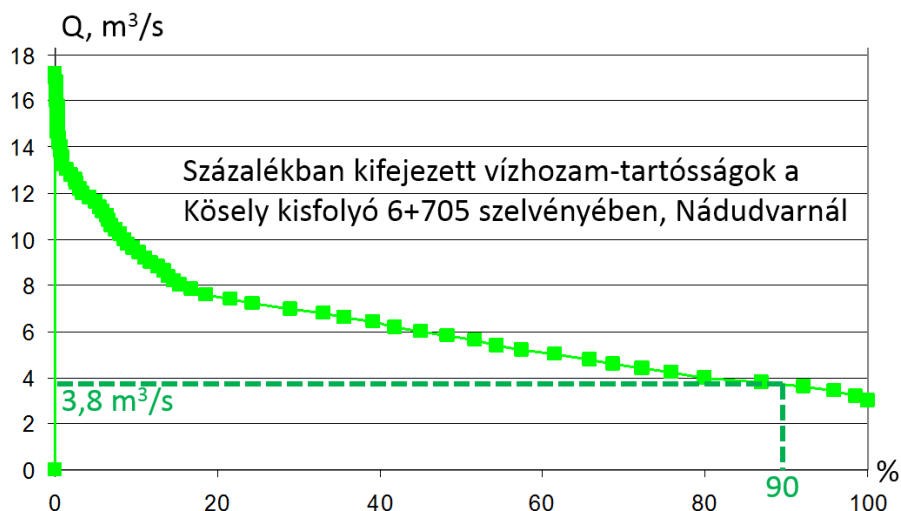
- A Kösely vízjárása emberi beavatkozás hatására mesterséges, ezt tükrözi a torkolattól 6 km-re, Nádudvaron működő vízmérce adatsora. Számos vízkormányzásra – bevezetésre és elvezetésre – alkalmas szerkezet található a vízfolyáson.
- A középvíz a hidrológiai statisztika és a vízkészlet gazdálkodás leggyakoribb adata. Egy tízéves adatsorból állítottam elő a napi adatok átlagaként:

nagyvíz: $17,1 \text{ m}^3 / \text{s}$

középvíz: $6,16 \text{ m}^3 / \text{s}$

kisvíz: $3,03 \text{ m}^3 / \text{s}$

- A vízi ökoszisztémák kisvíz idején a legérzékenyebbek az alacsony oxigénkoncentrációnak és a kismértékű hígulás miatt leromlott vízminőségnek köszönhetően. A kilencven százalékos előfordulási valószínűségű vízhozamot tekintjük mértékadónak a felszíni vízbe juttatott szennyezőanyagok hígításához. A tanulmányban is ezt tekintetem mértékadó, kritikus vízhozamnak. Ezt a napi vízhozamokat gyakoriság szerint ábrázoló vízhozam tartóssági görbéből állapítottam meg (3. ábra). Ez a $Q_{90} = 3,8 \text{ m}^3 / \text{s}$ érték a hígítóvíz igények számításához alapul szolgáló adat.



3. ábra. A Kösely 10 éves nádudvari vízhozam adatsorából előállított vízhozam tartóssági görbe és a Q_{90} érték

2.1.2. Méretezési adatok

- A Kösely hét szakaszának eltérő mértékadó vízszállítási adatait - melyek egyben a belvízhozamból számított mértékadó vízhozamok - az illetékes vízügyi Igazgatóság bocsátotta rendelkezésemre hossz-szelvény formájában (1. Táblázat).

A KÖSELY SZAKASZAI			MINTAVÉTELI HELY	VÍZSZÁLLÍTÓ KAPACITÁS, m ³ /s
1	00+000	11+980	K_1	15,9
2	11+980	26+870	K_2	7,2
3	26+870	31+210	K_3	5
4	31+210	43+000	K_4	5
5	43+000	48+470	K_4	5
6	48+470	51+000	K_4	9,5
7	51+000	60+900	K_4	9,5

1. Táblázat. A Kösely egyes szakaszainak vízszállító képessége (forrás: illetékes Vízügyi Igazgatóság)

2.1.3. Minőségi adatok

A Duna-vízgyűjtő magyarországi részére vonatkozó Vízügyi - Gazdálkodási Terv monitoringja és értékelése szerint (OVGT2, 2016.) a Köselynek a Keleti-főcsatorna alatti szakasza mérsékelt, fölötté pedig gyenge minősítést kapott mind a sótartalmat is magában foglaló fizikai-kémiai tulajdonság-csoport, mind ökológiai állapot vonatkozásában. A Keleti-főcsatorna, amely a Tisza vizét szállítja a térségbe, kiváló minősítést kapott.

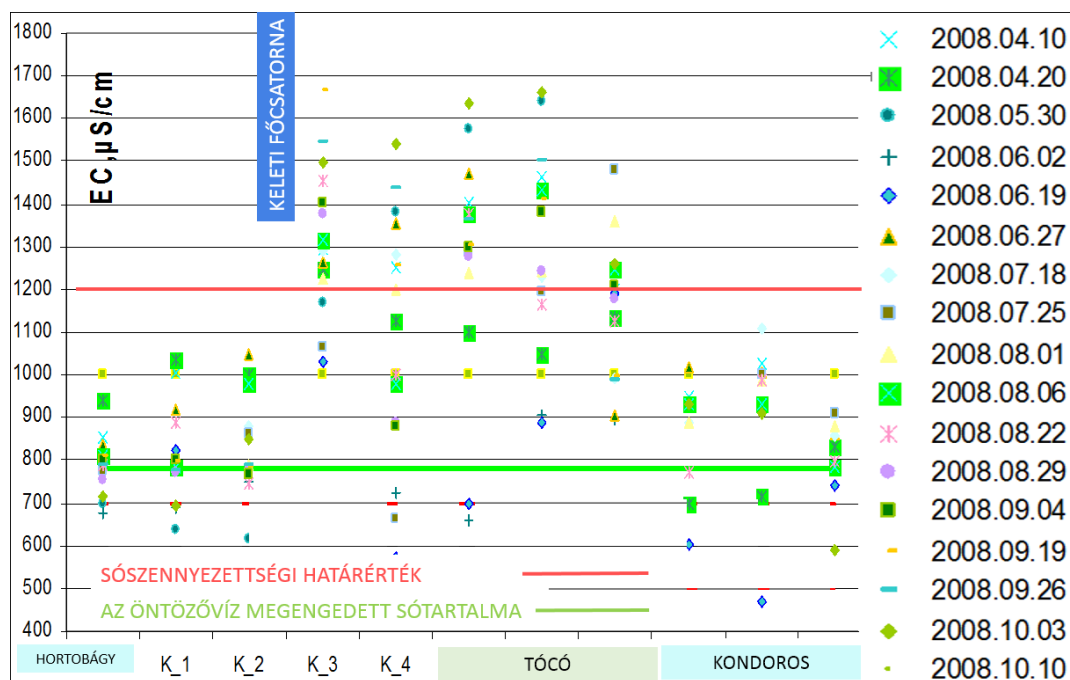
A Keleti-főcsatornában szállított víz fajlagos elektromos vezetőképesség (EC)- értéke 497 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.2. A vizsgált vízfolyás sótartalma saját mérésorozat alapján

A Kösely vízgyűjtőjén tizenegy mintavételi helyen – melyek közül négy a Köselyen található, a többi a mellékágakon és a Hortobágyon, a Kösely befogadján - huszonnyolc alkalommal mértem elektromos

vezetőképességet, mely a sótartalom közvetett mérésének megfelelő módszer. A fajlagos vezetőképesség annak az elektromos ellenállásnak a reciprokértéke, mely egy 1 cm-es élhosszúságú kocka két egymással szemközti lapja között mérhető. A mért sókoncentrációt a kalibrált műszer egy nemlineáris összefüggés alapján számítja. A saját mérést ilyen, - Multi 340i típusú - kalibrált konduktométerrel végeztem a mintavételek helyszínén. A 2008.-ban történt [5] méréssorozat szerint (4. ábra):

- a vízfolyás sóterhelése már meghaladta annak befogadó képességét,
- a 28 minta EC-értékének átlaga mind a tizenegy mintavételi helyen meghaladja az öntözővíz megengedett sótartalmának megfelelő EC-értéket,
- a tizenegy mintavételi helyen vett 28 minta EC-értékének átlagai közül a legkisebb is meghaladja a az öntözővíz megengedett sótartalmának megfelelő EC-értéket,
- a Tócból és az öntözőcsatorna fölött a Köselelyből vett minták mért EC- értékei jelentősen magasabbak, mint az öntözőcsatorna alatt a Köselelyből vett mintáké. A Tóció Debrecenben a sós termásvíz befogadója.



4. ábra. Az elektromos vezetőképesség változása a Köselelyen és mellékágain öntözési időszakban [5]

2.3. Sótartalommal összefüggő határértékek

2.3.1. Öntözővízre vonatkozó határérték

Az öntözővíz sótartalmára alkalmazott határértékek hivatottak megakadályozni a káros só felhalmozódást az öntözött talajban. Ez Magyarországon jelentős kérdés és várhatóan az is marad, mivel az éghajlatváltozás megnöveli az öntözővíz iránti igényt. VÁRALLYAI et. al., (1936) meghatározása szerint az öntözött talaj sótartalma várhatóan nem nő, ha az öntözővíz sótartalma TDS-ben (Total Dissolved Solids – összes oldott anyag) kifejezve 500 mg/l-en belül marad, ami megfelel az $EC < 780 \mu S/cm$ kritériumnak.

2.3.2. A felszíni víz szennyezettségi határértékei

A felszíni vizekben a sók egy határérték fölött károsak, melyet a szakirodalomból ismerhetünk (Hancz, 2004.). Az Európai Bizottság által meghatározott *szennyezettségi határértékeket tartalmazza a* 10/2010 (VIII. 18.) VM Rendelet. A 17-es típusba sorolt Köselyre vonatkozó sószennyezettségi határérték $EC < 1200 \mu\text{S/cm}$ (OVGT2.2016.).

2.4. Számítások

2.4.1. A hígulási egyenlet alkalmazása

Időben állandó vízhozamot és azonnali teljes elkeveredést feltételezve a befogadóban, valamint időben állandó bevezetést feltételezve a befogadóba a hígulási egyenlettel számolhatjuk a bevezetés alatt kialakuló C_o koncentrációt. Ez a gyakran alkalmazott egyenlet az egyszerű tömegmegmaradás elvén alapuló egyensúlyt írja le a bevezetés keresztmetszvényébe be- és kiáramló anyagokra, pl. a háttér tömegáram és a bevezetett tömegáram összege megegyezik a bevezetés alatti tömegárammal egy konkrét anyagra vonatkozóan. Egyszerű analitikai vízminőségi modellek leírására, a bevezetés alatti szennyezőanyag-koncentráció meghatározására alkalmazzák ((1) egyenlet).

$$C_o = (C_{sz} \cdot q_{sz} + C_b \cdot Q_b) / (q_{sz} + Q_b) \quad (1)$$

ahol:

C_b - a kérdéses szennyezőanyag háttér koncentrációja a befogadó vízfolyásban, (mg/l);

C_{sz} - a kérdéses szennyezőanyag koncentrációja a bevezetett szennyvízben, (mg/l);

Q_b - a befogadó vízfolyás vízhozama a bevezetés fölött (m^3/s);

q_{sz} - a bevezetett szennyvíz hozama, (m^3/s);

Ugyanezt az egyenletet alkalmaztam a változók más tartalmával ((2) egyenlet):

$$C_o = (C_h \cdot q_h + C_b \cdot Q_b) / (q_h + Q_b) \quad (2)$$

ahol:

C_b - a só háttér koncentrációja a befogadó vízfolyásban fajlagos elektromos vezetőképességben kifejezve ($\mu\text{S/cm}$);

C_h - sókoncentráció a hígítóvízben fajlagos elektromos vezetőképességben kifejezve ($\mu\text{S/cm}$);

C_o - maximális megengedett sókoncentráció az öntözővízben - itt a befogadó - elektromos vezetőképességben kifejezve ($\mu\text{S/cm}$);

Q_b - a befogadó vízfolyás vízhozama a hígítóvíz bevezetése fölött (m^3/s);

q_h - a bevezetett hígítóvíz hozama, (m^3/s);

2.4.2. A mértékadó helyzet - vízhozam és minőség - meghatározása

A befogadó vízfolyás hígítóvíz bevezetés fölötti vízhozamának számítása a 2.1.1. pontban már megtörtént. $Q_{90} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ a mértékadó vízhozam, amely környezetvédelmi szempontból kritikusnak

tekinthető. Ezt az értéket kell a Kösely hét szakasza között (1. Táblázat) szétosztani. Ehhez az alábbi tényezőket vettem figyelembe:

- arányosító tényező a csatorna szakasz vízszállító képessége
- arányosító tényező a legközelebbi csapadékmérő állomás adatai szerinti legnagyobb csapadékmagasság
- $Q_{90} = 3,8 \text{ m}^3 / \text{s}$ magában foglalja a Kösely vízfolyás mentén elhelyezkedő települések bevezetett szennyvízmenységét
- $Q_{\text{febr.}} = 2,99 \text{ m}^3 / \text{s}$ februári vízhozam adat a Q_{90} -hez legközelebbi, ezért az ebben a hónapban mért EC- értékek lesznek mértékadóak

A hígítóvíz mennyiségének számításakor az alábbi tényezőket vettem figyelembe:

- a februárban mért EC- értékek lesznek mértékadóak, mivel a februári vízhozam áll legközelebb, a kritikus Q_{90} – értékhez,
- az öntözővízre vonatkozó maximális megengedett sótartalom EC-ben $C_{\delta} < 780 \text{ } \mu\text{S/cm}$,
- a VKI-ben rögzített víz-szennyezettségi határérték EC-ben $C_{\text{VKI}} < 1200 \text{ } \mu\text{S/cm}$,
- a hígítóvíz sótartalma EC-ben $C_h = 497 \text{ } \mu\text{S/cm}$.

2.4.3. A szükséges hígítóvíz mennyiség számítása

A szükséges hígítóvíz mennyiség számítása a Kösely mindegyik szakaszára, valamint a kapott értékek összehasonlítása az érintett szakaszok vízszállító képességével az egyszerű hígulási egyenlet alkalmazásával történt ((3),(4) egyenlet).

$$q_{h,\delta} = (C_b \cdot Q_b - C_{\delta} \cdot Q_b) / (C_{\delta} - C_h) \quad (3)$$

ahol

$$C_{\delta} = 780 \text{ } \mu\text{S/cm}$$

és

$$q_{h,\text{VKI}} = (C_b \cdot Q_b - C_{\text{VKI}} \cdot Q_b) / (C_{\text{VKI}} - C_h) \quad (4)$$

ahol

$$C_{\text{VKI}} = 1200 \text{ } \mu\text{S/cm} \text{ (2. Táblázat.)}$$

A számítások eredményeit a 2. Táblázat 5-10 oszlopai tartalmazzák.

Az 5. oszlopban a minimálisan szükséges hígítóvíz mennyiségek találhatóak minden szakaszhoz, ha a cél az öntözővízre vonatkozó elvárás teljesítése.

A 7. oszlopban a minimálisan szükséges hígítóvíz mennyiségek és a Q_{90} érintett szakaszra eső hányadának összege található. piros színnel kiemelten láthatóak azok a vízhozam értékek, amelyeknek csak egy részét lehet bevezetni ezeken a szakaszokon.

A 9. oszlopban piros színnel kiemelten láthatóak a hígítóvíz hiányt jelentő vízhozam értékek, amelyek már meghaladják a vízszállító képességet. Négy szakaszon jelentkezett ez a probléma.

A 6., 8. és 10. oszlopok a fenti tartalmakkal megegyeznek azzal az eltéréssel, hogy a VKI - nak megfelelő vízminőség előállításához szükséges hígítóvíz hozamokat tartalmazzák.

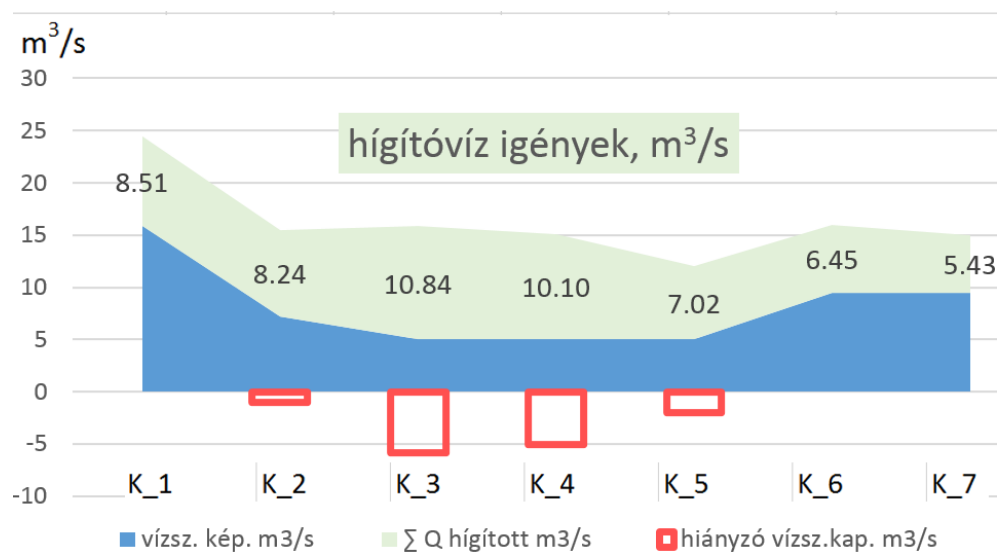
Mivel ez az elvárás enyhébb kritériumot jelent, könnyebb megvalósítani és egyetlen szakaszon sem marad hígítóvíz hiány.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KÖSELY	vízs. kép.	Q_{90}	El. Vez.kép.	q_d öntözővíz	q_d VKI	ΣQ	ΣQ	hiány	hiány
szakaszok	m^3/s	m^3/s	$\mu S/cm$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
1	15.90	3.80	1131	4.71	-0.37	8.51	3.43	7.39	12.47
2	7.20	3.30	1204	4.94	0.02	8.24	3.32	-1.04	3.88
3	5.00	3.08	1493	7.76	1.28	10.84	4.36	-5.84	0.64
4	5.00	2.87	1493	7.23	1.20	10.10	4.07	-5.10	0.93
5	5.00	2.61	1258	4.41	0.22	7.02	2.83	-2.02	2.17
6	9.50	2.40	1258	4.05	0.20	6.45	2.60	3.05	6.90
7	9.50	2.02	1258	3.41	0.17	5.43	2.19	4.07	7.31

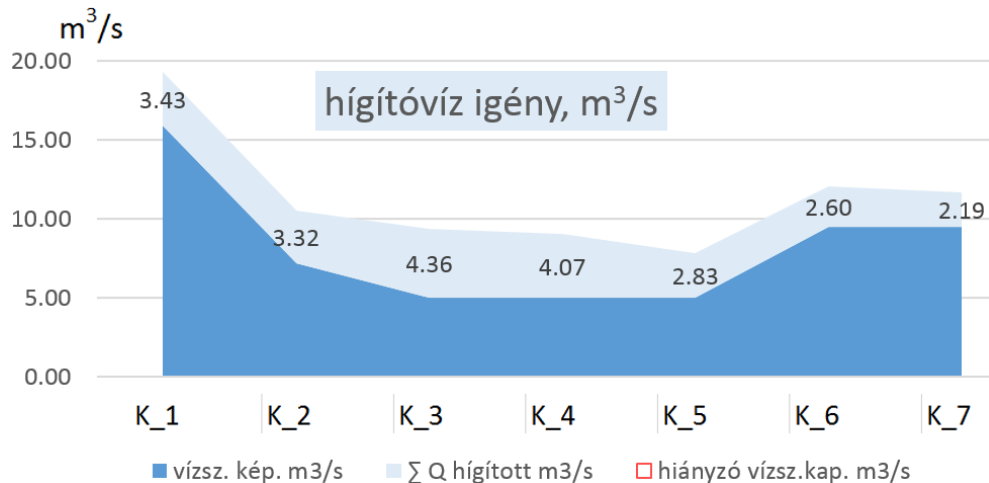
2. Táblázat. A Q_{90} -hez tartozó mértékadó állapot hígítóvíz igényei a Kösely hét szakaszán

3. Az eredmények elemzése

A Kösely 2-3-4-5 szakasza nem javítható öntözővíz minőségére hígítással, mert ezek a szakaszok nem tudnák a hígító vízzel növelt $Q_{90} = 3,8 m^3/s$ hozamot szállítani. Ezzel szemben a VKI-nek megfelelő vízminőséget hígítással biztosítani lehetne – a csatorna vízszállító képessége nem okozna akadályt. (5. ábra).

5. ábra. A Q_{90} mértékadó állapothoz és az öntözővíz minőség eléréséhez szükséges minimális hígítóvíz mennyiségek és az egyes szakaszok vízszállító képességének ábrázolása

Az elemzés során nem vettem figyelembe a valóságban elérhető hígítóvíz mennyiségét és minőségét és azt sem, hogy ha a megfelelő mennyiség és minőség rendelkezésre áll, akkor gazdaságos lenne-e hígítással javítani a sós termásvíz befogadójaként használt Kösely vízfolyás vizét. Minden esetre az elemzés eredménye azt mutatja, hogy a Víz Keret Irányelv elvárásának eléréséhez szükséges hígítóvíz mennyiségek bevezetésének nincs hidraulikai akadálya, a Kösely mindegyik szakaszán megfelelő a vízszállító képesség (6. ábra). Az öntözővízre vonatkozó elvárások szigorúbbak és ez úgy mutatkozik meg az eredményekben, hogy a hétből négy szakaszon kivitelezhetetlen a kívánt mértékű hígítás.



6. ábra. A Q_{90} mértékadó állapothoz és a Víz Keret Irányelv elvárásának eléréséhez szükséges minimális hígítóvíz mennyiségek és az egyes szakaszok vízszállító képességének ábrázolása

4. Összefoglalás és javaslat

A tanulmány a Ph.D. tanulmányaim keretében végzett kutatás során a Kösely vízfolyás és mellékágai sótartalommal összefüggő minőségét vizsgálja, illetve azt, hogy magas sótartalom esetében hígítással elérhető-e az előírt minőség. A kapott és a mért adatok alapján elemeztem a speciális vízminőségi problémát okozó lehetséges antropogén vízhasználatokra vonatkozó mennyiségi- és minőségi adatokat, a számításaimhoz a tömegmegmaradás elvét alkalmazó egyszerű hígulási egyenletet használtam. Meghatároztam azon vízfolyás szakaszokat, amelyeken a vízszállító kapacitás figyelembevételével mellett lehetséges a megfelelő vízminőség eléréséhez szükséges mértékű hígítás megvalósítása. Az eredményekből arra következtettem, hogy a vízhasználatok jelenlegi gyakorlata mellett hígítással nem lehetséges elérni a megfelelő vízminőséget. Csak a sóterhelés csökkentése jelenthet megoldást.

Hivatkozások

- [1] *Calculation and interpretation of effluent discharge objectives for contaminants in the aquatic environment*, 2nd Edition, Quebec (2007.) Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN-978-2-550-49172-9 (PDF), 54 p. and 4 appendices.
- [2] *10/2010 (VIII. 18.) VM Rendelet.*
- [3] *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*
- [4] Hancz., G. (2004.) *Adverse environmental impacts of thermal water utilization*, Debreceni Műszaki Közlemények, DE MK Folyóirata, 3. Évfolyam, 2. Szám: 99.-109. HU ISSN 1587-9801.

- [5] Hancz., G. (2010.) *A Kösely vízfolyás sókoncentráció vizsgálata*; VI. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA NYÍREGYHÁZI FŐISKOLA, 2010. április 22-24; p.187.-192.
- [6] HUN RBMP (2016.) *Duna-vízgyűjtő magyarországi része VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV – 2016.* http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/E3E737A3-3EBC-4B6F-973C-5DD9B8A6DBAB/OVGT_foanyag_vegleges.pdf
- [7] Peter, K. (2004.) *The DPSIR Framework*; National Environmental Research Institute, Denmark; Department of Policy Analysis; European Topic Centre on Water, European Environment Agency
- [8] Várallyai, Gy., Fejér, (1936.) *Adatok az öntözővizek minőségi megítéléséhez.* *Kisérl. Közl.*, 39: 1-3. p.